

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 1 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 7 0 0 3 7
Application Number:

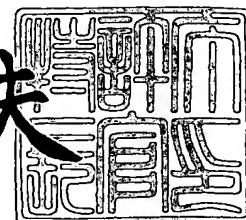
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 7 0 0 3 7]

出 願 人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 3 月 2 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 253868

【提出日】 平成15年 3月14日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 駆動機構及びそれを用いた露光装置、デバイスの製造方法

【請求項の数】 1

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会社
 内

 【氏名】 水野 誠

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

 【氏名又は名称】 キャノン株式会社

 【代表者】 御手洗 富士夫

 【電話番号】 03-3758-2111

【代理人】

 【識別番号】 100090538

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会社
 内

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 西山 恵三

 【電話番号】 03-3758-2111

【選任した代理人】**【識別番号】** 100096965**【住所又は居所】** 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会社
社内**【弁理士】****【氏名又は名称】** 内尾 裕一**【電話番号】** 03-3758-2111**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 011224**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9908388**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 駆動機構及びそれを用いた露光装置、デバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光学要素を有する可動部の位置及び／又は傾きを、前記可動部に非接触のままで測定する第 1 の測定手段と、前記第 1 の測定手段の測定結果に基づいて、固定部に対して非接触のままで前記可動部を相対的に 6 軸方向に駆動可能な駆動手段とを有することを特徴とする駆動機構。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、精密な調整駆動装置、特に半導体や液晶デバイスを製造する工程において使用する露光装置の光学要素（レンズやミラーなど）の姿勢を微調整するための装置に関する。さらに詳細には、この姿勢調整とは、光学要素を原版（たとえばマスクあるいはレチクルなど）の像を対象物（たとえばウエハ）に投影露光する際、より正確な結像関係を得るために行う。

【0002】

【従来の技術】

半導体露光装置は、数多くの異なる種類のパターンを有する原版（レチクル）をシリコンウエハ（基盤）に転写する装置である。高集積度の回路を作成するためには、解像性能だけでなく重ね合わせ精度の向上が不可欠である。

【0003】

半導体露光装置における重ね合わせ誤差はアライメント誤差、像歪み、および倍率誤差に分類される。アライメント誤差は、原版（レチクル）と基盤（ウエハ）との相対位置調整によって軽減することができる。一方、像ひずみや倍率誤差は、光学系の一部の光学要素を光軸移動させることによって調整可能である。光学要素を光軸の方向に移動させる際には、この光学要素の移動方向以外の成分、とりわけ平行偏芯、および傾き偏芯誤差成分が大きくならないようにしなければならない。

【0004】

従来、半導体露光装置用の光学要素移動装置としては、平行板ばねを用いた機構による装置が考案されている（特開 2 0 0 0 - 3 5 7 6 5 1 号公報）。

【 0 0 0 5 】

図 1 5 （ a ） および （ b ） は、従来の光学要素移動装置の上面図および断面図である。

【 0 0 0 6 】

同図に示すように、従来の光学要素移動装置は、光学系の倍率・収差等の調整を行うための調整レンズ 7 と調整レンズ 7 を支持するセル 8 とを保持する可動台 1 および投影光学系の固定部分の一部をなす固定台 2 を有するリング状の板ばね 1 1 は、可動台 1、固定台 2 の両端面にそれぞれ封止するように固定されている。可動台 1 は円筒形状であるが、上面の外径と下面の外径が異なっている。また、同様に、固定台 2 も円筒形状であるが、上面の開口部の内径と下面の開口部の内径が異なっている。固定台 2 は、少なくとも 1 ヶ所の穴を有し、駆動流体の圧力変化、もしくは体積変化により、可動部の位置を変化させることができる。

【 0 0 0 7 】

その他の従来例としては、米国特許 5 9 8 6 8 2 7 号公報にあるような光学要素微調整装置があるが、この構造では、3 軸の微動にとどまり、光学要素面内の調整を行うことができないため、高精度の光学要素の位置および姿勢調整を必要とする、用途には不十分である。

【 0 0 0 8 】

また別の従来例として、特開 2 0 0 2 - 1 3 1 6 0 5 号公報があるが、長いてこ（支点から力点もしくは作用点までの距離が長い）を用いた縮小機構によるため、低い固有振動数を持つことが予想される。低い固有振動数は、装置外部からの振動を可動部に伝えるため、高精度の位置・姿勢調整の用途には問題がある。また、高速駆動を要する場合にも問題となる。

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 0 - 3 5 7 6 5 1 号公報

【特許文献 2】

米国特許 5986827 号公報

【特許文献 3】

特開 2002-131605 号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

特開 2000-357651 号公報では、光学要素の移動に伴う平行偏芯や傾き偏芯の他成分は、板ばねガイドの案内精度に依存している。また光学要素の初期位置および姿勢は、装置の組み立て精度に依存している。しかしながら半導体デバイスパターンの高精細化に伴い、光学要素には従来に比べて高い位置、姿勢精度、および収差等補正のための駆動位置決め精度が要求されるようになってきている。このため、特開 2000-357651 号公報や米国特許 5986827 号公報で示したような、1 軸あるいは 3 軸のみを駆動する装置では不十分であり、並進方向に直交 3 軸、およびその並進軸回り 3 軸の合計 6 軸を調整可能な装置が求められている。

【0011】

また装置外部から入る振動による光学要素の位置ずれを軽減するために、外部から入る振動が光学要素に伝わらないようにするための機構が組み込まれた 6 軸調整機構が求められている。

【0012】

そこで、本発明では、外部からの振動が光学要素の位置に影響を与えないようにしつつ、光学要素を 6 軸で駆動可能な駆動機構及びそれを用いた露光装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために本願発明の駆動機構は、光学要素を有する可動部の位置及び／又は傾きを、前記可動部に非接触のままで測定する第 1 の測定手段と、前記第 1 の測定手段の測定結果に基づいて、固定部に対して非接触のままで前記可動部を相対的に 6 軸方向に駆動可能な駆動手段とを有することを特徴としている。

【0014】

【発明の実施の形態】

(第1の実施例)

図1、および5に本発明の第1の実施形態の概略図を示す。図5は露光装置の例であるが、ここでは光源からの光をマスク（レチクル）に導く照明光学系、及びそのマスクを支持して駆動するマスクステージ等は省略し、マスクからの光をウエハ（被露光体）に導く投影光学系及びその投影光学系を支持する構造体について記載している。また、図1は、図5に記載の微動調整機構のみを拡大したものの斜視図である。

【0015】

本発明の光学要素6軸微動機構29は、マウント23で支持された構造体フレーム2上の鏡筒25に搭載されている。図5では合計4つの微動調整機構29がひとつの鏡筒25内に配置されている例である。勿論、光学要素の数が異なれば、その数に対応して微動調整機構の数も変更する必要がある。例えば、光学要素の数が6つならば微動調整機構の数も6つであることが好ましいし、光学要素の数が8つならば微動調整機構の数も8つであることが好ましい。また、すべての光学要素に微動調整機構を設ける必要は無く、微動調整機構の数が光学要素の数よりも少なくても構わない。

【0016】

本実施形態で説明する機構は、固定台2に対して可動台1を6軸方向に非接触で運動可能なものである。ここで、6軸方向とは、XYZ方向とXYZ軸周りの回転方向を意味する。

【0017】

可動台1は、光学要素32であるミラーやレンズである。あるいは可動台1は、レンズやミラーに加えて、それを支持するための保持部材も含んでよい。

【0018】

アクチュエータは、可動台1を固定台2に対して駆動するための駆動機構である。ここで、アクチュエータとしては、可動台1をX方向に駆動するためのXアクチュエータと、Y方向に駆動するためのYアクチュエータと、Z方向に駆動す

るための Z アクチュエータとを有する。X アクチュエータおよび Y アクチュエータのうち、少なくとも一方は複数個設けられている。ここで、例えば Y アクチュエータが 2 個ある場合、これらの Y アクチュエータを用いることで、可動台 1 を Y 方向だけでなく、Z 軸周りの回転方向 (θ) にも駆動することができる。また Z アクチュエータは、少なくとも 3 個設けられている。これら 3 個以上の Z アクチュエータにより、微動ステージを Z 方向だけでなく、チルト方向 (X、Y 軸まわりの回転方向) にも駆動することができる。

【0019】

ここで、固定台 2 に対して可動台 1 を 6 軸方向に非接触で支持する場合、アクチュエータには、発熱が起こることが予想される。そこで、アクチュエータには、冷却機構を設けることで、発熱がアクチュエータの外部に漏れることを抑制することができる。

【0020】

アクチュエータとしては、非接触の駆動機構であるリニアモータが望ましい。この場合、配線などの都合上、固定子としてコイルを固定台 2 側、可動子として永久磁石を可動台 1 側に設けることが望ましい。前述した冷却機構は、コイルなどを冷却するのに用いられる。冷却機構の一例としては、コイルをジャケットで覆い、ジャケット内部に冷却液を供給し、コイルの冷却を行う。微動を行うためのリニアモータにジャケットを用いた冷却機構を設ければ、コイルの切換などがないため、比較的簡単な構成でコイルを冷却することができる。また、コイルを輻射によって冷却しても構わない。輻射によって冷却する場合は、コイルと共に光学要素も冷却可能な構成にしても構わない。

【0021】

以下リニアモータを用いた微動機構 29 の詳細を説明する。

【0022】

可動台 1 には、リニアモータを構成する可動子 3 が取り付けられている。図 1 では、可動台 1 の裏面にすべての可動子 3 が構成されているが、一部または全部の可動子 3 が可動台 1 の側面などに構成されていても構わない。

【0023】

一方固定台 2 には、リニアモータを構成する固定子 4（図 1 には不図示）が取り付けられている。

【0024】

図 2 および図 3 にそれぞれ可動台 1、固定台 2 の斜視図を示し、リニアモータの取り付け詳細説明する。

【0025】

可動台 1 の裏面には 7 個の微動リニアモータ可動子 3 が取り付けられている。各可動子 3 は、可動台の厚み方向（光学要素の光軸方向と実質的に同じ）に着磁された 2 極の磁石 17 およびヨーク 19 を 2 組有している（図 4 参照）。この 2 組の磁石 17 およびヨーク 19 は、側板 20 で連結して箱状の構造を形成し、後述の微動リニアモータ固定子 4 を非接触で挟み込むように対面する。

【0026】

7 個の可動子 3 のうち、3 個の可動子 9 a、9 b、および 9 c は、可動台 1 を固定台 2 に対して Z 方向に微動駆動するための Z 可動子を形成する。Z 可動子 9 a、9 b、および 9 c においては、図 4 に示すように前記 2 極の磁石 17 が Z 方向に沿って配列されており、後述の Z 方向に直角な直線部をもつ Z 固定子 14 a、14 b、および 14 c の長円コイルに流れる電流と相互作用して Z 方向の推力を発生する。

【0027】

残る 4 個の可動子のうち、2 個の可動子は、可動台 1 を固定台 2 に対して X 方向に微動駆動するための X 可動子 10 a、および 10 b を形成する。X 可動子 10 a、および 10 b においては、前記 2 極（N 極、S 極）の磁石 17 が X 方向に沿って配列されており、後述の X 方向に直角な直線部をもつ X 固定子 15 a および 15 b の長円コイルに流れる電流と相互作用して X 方向の推力を発生する。

【0028】

残りの 2 個の可動子は、可動台 1 を固定台 2 に対して Y 方向に微動駆動するための Y 可動子 13 a、および 13 b を形成する。Y 可動子 13 a、および 13 b においては、前記 2 極の磁石 17 が Y 方向に沿って配列されており、後述の Y 方向に直角な直線部をもつ Y 固定子 16 a、16 b の長円コイルに流れる電流と相

相互作用して Y 方向の推力を発生する。

【0029】

なお X、Y 方向それぞれ 2 個のリニアモータ・アクチュエータについて述べたが、上で述べたように、どちらかは 1 個でも良い。

【0030】

可動台 1 と固定台 2 のそれぞれ中央部の間には、可動台 1 の自重を支えるためのばね 21 が配置され、Z 方向のリニアモータの推力を軽減し、その結果、モータの発熱を抑えることができる。自重補償ばね 21 は自重支持方向および他の 5 自由度方向（つまり、6 自由度方向すべて）のばね定数が極めて小さく設計されており、ばね 21 を介して固定台 2 から可動台 1 への振動伝達がほぼ無視できるようになっている。本実施例では自重補償ばね 21 は可動台 1、固定台 2 間に 1 個だけ配置してあるが、複数個の自重補償ばねで分散させて支持してもよい。またこの自重補償手段は、図示したコイルばねだけでなく、その他のばね特性をもつ要素や、可動台 1 および固定台 2 間に上記リニアモータとは別に設けて、作用させることのできる磁力吸引、あるいは反発磁石などでも良い。また、自重補償ばねを設ける場合は、光学要素の光照射領域（露光光が当たる領域）の外側に設けるのが好ましい。

【0031】

X 可動子 10a、および 10b が発生する力の作用線の Z 座標は概ね一致している。X 可動子 10a、および 10b が発生する力の作用線の Z 座標は、X 可動子 10a、および 10b、Y 可動子 13a、および 13b、Z 可動子 9a、9b、および 9c および可動台 1（可動台 1 が光学要素 32 を含んでいない場合はそれも含む）の重心の Z 座標と概ね一致するようになっていることが望ましい。これによって、X 可動子 10a、および 10b に発生する X 方向の推力によって、Y 軸まわりの回転力がほとんど可動台 1 に作用しないようになっている。また、同様に、Y 可動子 13a、および 13b が発生する力の作用線の Z 座標は概ね一致している。Y 可動子 13a、および 13b が発生する力の作用線の Z 座標は、X 可動子 10a、および 10b、Y 可動子 13a、および 13b、Z 可動子 9a、9b、および 9c および可動台 1（可動台 1 が光学要素 32 を含んでいない場

合はそれも含む)の重心のZ座標と概ね一致するようになっていることが望ましい。このためY可動子13a、および13bに発生するY方向の推力によって、X軸まわりの回転力がほとんど可動台1に作用しないようになっている。

【0032】

一方固定台2には、可動台1を6軸方向に位置制御するための7個の微動リニアモータ固定子4、および可動台1の自重を支持するためのひとつまたは複数個の自重補償要素の一端が固定されている。

【0033】

各固定子4は、長円形のコイルをコイル固定枠で支持する構造になっており、前述の可動台1裏面に固定されたりニアモータ可動子3と非接触で対面するようになっている。

【0034】

7個の固定子3のうち、3個の固定子14a、14b、および14cは、可動台1を固定台2に対してZ方向に微動駆動するためのZ固定子を形成する。Z固定子14a、14b、および14cは、前記長円コイルの直線部がZ方向と直角になるように配置されており、前記Z可動子9a、9b、および9cのZ方向に沿って配置された2極の磁石17にZ方向の推力を作用できるようになっている。

【0035】

残る4個の固定子のうち、2個の固定子15a、および15bは、X固定子を形成する。X固定子15a、および15bでは、前記長円コイルの2つの直線部がX方向と直角になり、2つの直線部がX方向に沿うように配置されており、前記X可動子10a、および10bのX方向に沿って配置された2極の磁石17にX方向の推力を作用できるようになっている。同様に、残りの2個の固定子16a、および16bはY固定子を形成する。Y固定子16a、および16bでは、前記長円コイルの2つの直線部がY方向と直角になり、2つの直線部がY方向に沿うように配置されており、前記Y可動子13a、および13bのY方向に沿って配置された2極の磁石17にY方向の推力を作用できるようになっている。

【0036】

可動台 1 には、可動台 1 の 6 軸方向の位置、角度を計測するリニアセンサ、もしくは 2 次元センサ（不図示）を有している。上記センサは、可動台 1 の可動範囲内で有効に働く必要があり、例えば、超音波センサ、光センサ、レーザ干渉計またはリニアスケールにより構成できる。上記のセンサとアクチュエータにより可動台 1 の位置・駆動制御を行うための制御系を構成することができる。

【0037】

可動台 1 には、上記の計測手段のための、ミラー、あるいはセンサターゲット 5 が設けられている。図 6 は、すべての軸の計測手段にレーザ干渉計を用いた例を示す。詳細には、可動台 1 に 6 本の光ビームを照射することで、可動台 1 の 6 自由度の位置を計測している。図の例では、X 軸に平行で Z 位置および Y 位置の異なる 3 本の干渉計ビームにより、可動台 1 の X 方向の位置および θ_y 、 θ_z 方向の回転量が計測できる。また、Y 軸に平行で Z 位置の異なる 2 本の干渉計ビームにより、Y 方向の位置および θ_x 方向の回転量が計測できる。さらに Z 軸に平行な干渉計ビームにより、Z 方向の位置が計測できる。レーザ光を照射するレーザ干渉計は、固定台 2 や構造体フレーム 24 と一体的に設けても良いし、位置決め装置とは別に除振された別の構造体に設けても良い。これらの場合のいくつかの具体例を以下に示す。

【0038】

図 10 に、光学要素 32 とウエハやレチクル（ともに不図示）との相対的な位置を計測し補正するための構成例（第 1 の変形例）を示す。図 10 は露光装置の例であるが、ここでは光源からの光をマスク（レチクル）に導く照明光学系、及びそのマスクを支持して駆動するマスクステージ等は省略し、マスクからの光をウエハ（被露光体）に導く投影光学系及びその投影光学系を支持する構造体について記載している。（勿論以下に述べる、図 11～図 14 に関しても同様である。）この例では、各光学要素 32 を支持する固定台 2 に搭載された計測手段 42 から、可動台 1（特に光学要素 32）の 6 軸方向姿勢を非接触に計測する。この計測結果は、光学要素 32 の「ローカル」情報であり、別の構造体に設置されたウエハや、レチクルとの相対的な距離や角度を計測し、補償するための手段が別途必要になる。この図 10 の例では、光学要素 32 の搭載された、構造体フレー

ム 2 4 と別途設けた基準構造体 4 1 間の姿勢を別途計測し、基準構造体を基準として光学要素 3 2 の姿勢制御を行い、かつウエハやレチクルなど相対的な姿勢が必要な要素もすべてその基準構造体 4 1 との相対的な姿勢補正を行うことで、すべての相対的な姿勢を制御することができる。このローカルな計測手段 4 2 と、基準構造体 4 1、構造体フレーム 2 4 間の計測手段 4 2 はそれぞれ異なる原理のものをを用いても良く、上記のようにレーザ干渉計や静電容量センサなど非接触なものをを用いるのがよい。

【0039】

図 1 1 は、光学要素 3 2 とウエハやレチクル（ともに不図示）との相対的な位置を計測し補正するための別の構成例（第 2 の変形例）を示す。この例では、図 1 0 で示した手段に加えて、構造体フレーム 2 4 と各固定台 2 あるいはローカルな計測手段 4 2 の姿勢変動量も計測し、鏡筒 2 5 の変形などに起因する誤差も補正している。これにより、さらに高精度な光学要素 3 2 とウエハ、レチクルなどとの相対的な位置決めを行うことができる。

【0040】

図 1 2 は、光学要素 3 2 とウエハやレチクル（ともに不図示）との相対的な位置を計測し補正するための別の構成例（第 3 の変形例）を示す。この例は、図 1 1 で述べた例を別の構成で行ったものである。すなわち、基準構造体 4 1 と各固定台 2 あるいは、ローカルな計測手段 4 2 との間の姿勢変動量を、基準構造体 4 1 上に搭載した非接触計測手段 4 2 によって計測し、ローカルな姿勢計測結果と合わせた結果で光学要素 3 2 の姿勢制御を行う。

【0041】

図 1 3 は、光学要素 3 2 とウエハやレチクル（ともに不図示）との相対的な位置を計測し補正するための別の構成例（第 4 の変形例）を示す。この例は、図 1 2 で述べた例を別の構成で行ったものである。すなわち、基準構造体 4 1 と各光学要素 3 2 の間の姿勢変動量を、基準構造体 4 1 上に搭載した非接触計測手段 4 2 によって計測し、姿勢制御を行う。これによってローカルな姿勢計測を行うことなく、高精度な光学要素 3 2 の位置決めを行うことができる。

【0042】

図14は、光学要素32とウエハやレチクルステージ（ともに不図示）との相対的な位置を計測し、補正するための別の構成例（第5の変形例）を示す。この例では、露光装置本体に組み込まれた波面形状計測装置を光学要素などの位置計測に用いる。このための構成の一例を詳細に説明する。干渉計ユニット44からの光束を、ステージ上に設けたTS45を含む光学系に照射する。この光束のうち一部はTS45から干渉計ユニット44に戻され、他方は鏡筒25内に配置された投影光学系を介し、さらにたとえばレチクルまたはマスクステージ裏面に設けたRSミラー46で反射され、再度投影光学系、およびTS45を経由して干渉計ユニット44に入り、前述の投影光学系などを経由しなかった光束と干渉する。その強度分布から投影光学系の波面収差を測定することができ、さらにTS45、およびRSミラー46を駆動し、露光領域内の複数の点における波面収差を測定することで、各光学要素32やウエハ面、マスク面の位置・角度を算出することができる。したがって、波面収差計測計を用いて光学要素32などの位置補正が可能となる。しかしこのような波面収差計測手段は、ステージを動かして計測用の光学系を所望の位置に移動させるなど、本来の露光動作とは異なる特別な操作を必要とするため、スループットの観点から考えて、常に使用可能な訳ではない。したがって常時の各光学要素32の位置計測は、それぞれに設けられた非接触計測手段42を用いて位置制御を行い、たとえば数時間や、数日に一度のような適当な間隔で波面収差計測手段による結果から非接触計測手段42の校正を行うのがよい。

【0043】

以上説明した非接触計測および駆動構成により、可動台1以外の部分からの振動外乱などを遮断し、高精度な光学要素32の位置決めを実現することができる。

【0044】

（第2の実施例）

図7、および5に本発明の第2の実施形態の概略図を示す。本実施例は、前述のリニアモータを電磁石の吸引力もしくは反発力を持って実現した実施形態であり、以下電磁石の吸引力による例を中心にして、その詳細を説明する。これによ

って、固定台 2 に対して可動台 1 を 6 軸方向に非接触で運動可能にする。ここで、6 軸方向とは、XYZ 方向と XYZ 軸周りの回転方向を意味する。

【0045】

可動台 1 は、光学要素 32 であるミラーやレンズである。あるいは可動台 1 は、レンズやミラーを支持するための保持部材なども含んでよい。

【0046】

アクチュエータは、可動台 1 を固定台 2 に対して駆動するための駆動機構である。ここで、アクチュエータとしては、可動台 1 を X 方向に駆動するための X アクチュエータと、Y 方向に駆動するための Y アクチュエータと、Z 方向に駆動するための Z アクチュエータとを有する。X アクチュエータおよび Y アクチュエータのうち、少なくとも一方は複数個設けられている。ここで、例えば Y アクチュエータが 2 個ある場合、これらの Y アクチュエータを用いることで、可動台 1 を Y 方向だけでなく、Z 軸周りの回転方向 (θ) にも駆動することができる。また Z アクチュエータは、少なくとも 3 個設けられている。これら 3 個以上の Z アクチュエータにより、微動ステージを Z 方向だけでなく、チルト方向 (X、Y 軸まわりの回転方向) にも駆動することができる。

【0047】

電磁石によるアクチュエータは、電磁石と、吸引板もしくは永久磁石からなる。本実施例の場合、可動台 1 と固定台 2 の一方に電磁石を、他方に磁性体、もしくは永久磁石を取り付け、それぞれ可動子 3、固定子 4 として用いる。なお磁石の反発力より、吸引力を用いる方が、材料選択の自由度が得られ、かつ駆動に要する電力が小さくて良い。また配線などの都合上、固定子 4 側に電磁石を、すなわち固定台 2 に固定子 4 を、可動子 3 として磁性体もしくは永久磁石、すなわち可動台 1 に可動子 3 を設けることが望ましい。以下、電磁石の吸引力による駆動に絞って説明を行う。

【0048】

図 8 および図 9 にそれぞれ可動台 1、固定台 2 の斜視図を示す。可動台 1 の裏面には、磁性材料でできた 7 個の磁性体ブロック 32 (35, 37, 39) が取り付けられている。各磁性体ブロック 32 は、後述の一組の電磁石 33 (36,

38, 40) で非接触に挟み込むように対面固定されている。

【0049】

一方、電磁石33は、固定台2側に固定されている。電磁石33は、E字型の断面を有する磁性体ブロック34（不図示）とコイル（不図示）とを具備している。コイルは、E字型の中央の突起部に巻きつけられている。E字型電磁石33を二つ一組にして、それぞれ電磁石33の三つのE字型突起の端面から、わずかの隙間をもって、可動台1側に取り付けた磁性体ブロック32と対面固定される。

【0050】

各電磁石は吸引力しか発生できないので、XY、およびZそれぞれの駆動方向について+方向に吸引力を発生する電磁石と-方向に吸引力を発生する電磁石を一組にする必要がある。一組の電磁石33うち、一方コイルに電流を流すことで、電磁石33から磁性体ブロック32に吸引力が働くため、これをアクチュエータの推力としても良いが、両方のコイルに電流を流し、その差をアクチュエータの推力として用いても良い。

【0051】

7個の可動台側磁性体ブロック32のうち3個35a、35b、および35cは、可動台1を固定台2に対してZ方向に微動駆動するためのZ可動子を形成する。このZ方向の磁性体ブロック35a、35b、および35cにおいては、図8に示すようにZ方向に対して垂直な吸引面を持っており、後述のZ方向に垂直にE字型の突面が並ぶZ電磁石36a、36b、および36cによる吸引力を各組ごとに調節することでZ方向の推力を発生する。なお、この3個のZ方向の磁性体ブロック35a、35b、および35cは、可動部合計の重心を囲むように（3箇所で作る三角形の重心と一致させる）のが好ましい。

【0052】

残り4個の可動台側磁性体ブロック32（35, 37, 39）のうち、2個の可動台側磁性体ブロック37a、および37bは、可動台1を固定台2に対してX方向に微動駆動するためのX磁性体ブロック37a、および37bを形成する。X磁性体ブロック37a、および37bにおいては、図8に示すようにX方向

に対して垂直な吸引面を持っており、X方向に垂直にE字型の突起面が並ぶX電磁石38a、および38bによる吸引力を各組ごと調節することでX方向の推力を発生する。同様に、残りの2個の可動台側磁性体ブロック39a、39bはY側磁性体ブロックを形成する。Y磁性体ブロック39a、39bは、Y方向に対して垂直な吸引面を持っており、Y方向に垂直にE字型の突起面が並ぶY電磁石40a、および40bによる吸引力を各組ごと調節することでY方向の推力を発生する。

【0053】

なおX、Y方向それぞれ2組の電磁石アクチュエータについて述べたが、上で述べたように、X方向、Y方向のどちらかは1組でも良い。

【0054】

固定台側の磁性体ブロック32(35, 37, 39)および可動台側のE字形電磁石33(36, 38, 40)が有する磁性体ブロック34はそれぞれ層間が電氣的に絶縁された薄板を積層して形成しても良い。この積層板としては、珪素鋼板が良く知られている。これによって、磁束変化にともなってブロック内に渦電流が流れることを防止しており、E形電磁石34の吸引力を高い周波数まで制御することができ、高速な応用が求められる用途なども適用可能のみならず、制御帯域を向上させ、その結果高い防振効果を得ることができる。

【0055】

可動台1と固定台2のそれぞれ中央部の間には、可動台1の自重を支えるためのばね21が配置され、Z方向のリニアモータの推力を軽減し、その結果、モータの発熱を抑えることができる。自重補償ばね21は自重支持方向および他の5自由度方向のばね定数が極めて小さく設計されており、ばね21を介して固定台2から可動台1への振動伝達がほぼ無視できるようになっている。本実施例では自重補償ばね21は可動台1、固定台2間に1個だけ配置してあるが、複数の自重補償ばねで分散させて支持してもよい。またこの自重補償手段は、図示したコイルばねだけでなく、その他のばね特性をもつ要素や、可動台1および固定台2間に上記リニアモータとは別に設けて、作用させることのできる磁力吸引、あるいは反発磁石などでも良い。

【0056】

X磁性体ブロック37a、および37bが発生する力の作用線のZ座標は概ね一致している。X磁性体ブロック37a、および37bが発生する力の作用線のZ座標は、X磁性体ブロック37a、および37b、Y磁性体ブロック39a、および39b、Z磁性体ブロック35a、35b、および35cおよび可動台1（可動台1が光学要素32を含んでいない場合はそれも含む）の重心のZ座標と概ね一致するようになっていることが望ましい。このためX磁性体ブロック37a、および37bに発生するX方向の推力によって、Y軸まわりの回転力がほとんど可動台1に作用しないようになっている。

【0057】

Y磁性体ブロック39a、および39bが発生する力の作用線のZ座標は概ね一致している。Y磁性体ブロック39a、および39bが発生する力の作用線のZ座標は、X磁性体ブロック37a、および37b、Y磁性体ブロック39a、および39b、Z磁性体ブロック35a、35b、および35cおよび可動台1（可動台1が光学要素32を含んでいない場合はそれも含む）の重心のZ座標と概ね一致するようになっていることが望ましい。このためY磁性体ブロック39a、および39bに発生するY方向の推力によって、X軸まわりの回転力がほとんど可動台1に作用しないようになっている。

【0058】

一方固定台2には、可動台1を6軸方向に位置制御するための7個の電磁石アクチュエータの固定子4、および可動台1の自重を支持するためのひとつまたは複数個の自重補償要素の一端が固定されている。

【0059】

各電磁石33は、前述のように二つ一組のE字型の断面を持つ磁性体ブロック34にコイルを巻いてできており、前述の可動台1裏面に固定された磁性体ブロック32と非接触で挟み込むように対面している。

【0060】

可動台1には、可動台1の6軸方向の位置、角度を計測するリニアセンサ、もしくは2次元センサ（不図示）を有している。上記センサは、可動台1の可動範

囲内で有効に働く必要があり、例えば、超音波センサ、光センサ、レーザ干渉計またはリニアスケールにより構成できる。上記のセンサとアクチュエータにより可動台 1 の位置・駆動制御を行うための制御系を構成することができる。

【0061】

可動台 1 には、上記の計測手段のための、ミラー、あるいはセンサターゲット 5 が設けられている。図 6 は、すべての軸の計測手段にレーザ干渉計を用いた例を示す。詳細には、可動台 1 に 6 本の光ビームを照射することで、可動台 1 の 6 自由度の位置を計測している。図の例では、X 軸に平行で Z 位置および Y 位置の異なる 3 本の干渉計ビームにより、可動台 1 の X 方向の位置および θ_y 、 θ_z 方向の回転量が計測できる。また、Y 軸に平行で Z 位置の異なる 2 本の干渉計ビームにより、Y 方向の位置および θ_x 方向の回転量が計測できる。さらに Z 軸に平行な干渉計ビームにより、Z 方向の位置が計測できる。レーザ光を照射するレーザ干渉計は、固定台 2 や構造体フレーム 24 と一体的に設けても良いし、位置決め装置とは別に除振された別の構造体に設けても良い。具体例な計測方法は、実施例 1 に述べたのと同じでよい。

【0062】

以上、光学要素、もしくは光学要素を支持する可動体を高精度に駆動する駆動機構、及びそれを用いた露光装置について述べて来た。この実施例での露光装置は、主に EUV 光（波長 13 nm 以上 14 nm 以下）の光を用い、光源から被露光体までの光路、光学系が、ほぼすべて真空中に保たれている露光装置であり、同様にここでの光学要素は、EUV 光を 60% 以上の反射率で反射するような、Mo 膜、Si 膜と（或いは Mo 膜、Be 膜）を複数層重ね合わせた多層膜を表面に形成した反射部材であることが好ましい。

【0063】

また、電磁石等を使う場合、必然的に発熱することが予想される一方で、光学要素も光を吸収して発熱するという問題が起こるため、電磁石と光学要素を同時に冷却することが可能な冷却手段、好ましくは輻射により冷却を行う輻射冷却手段を設けるように構成すると尚好ましい。

【0064】

次に、図16及び図17を参照して、上述の露光装置1を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図16は、デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。本実施形態においては、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組み立て）は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、それが出荷（ステップ7）される。

【0065】

図17は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置1によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、上述の露光装置を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

【0066】

本発明の実施態様は以下のように記載することができる。

【0067】

(実施態様1) 光学要素を有する可動部の位置及び／又は傾きを、前記可動部に非接触のままで測定する第1の測定手段と、前記第1の測定手段の測定結果に基づいて、固定部に対して非接触のままで前記可動部を相対的に6軸方向に駆動可能な駆動手段とを有することを特徴とする駆動機構。

【0068】

(実施態様2) 前記駆動手段が、少なくとも6組の独立に制御可能な微動機構を有することを特徴とする実施態様1記載の駆動機構。

【0069】

(実施態様3) 前記駆動手段が、前記固定部と前記可動部のいずれか一方に第1の磁性体ブロックを、他方にコイルを有していることを特徴とする実施態様1又は2記載の駆動機構。

【0070】

(実施態様4) 前記駆動手段が、前記可動部に第1の磁性体ブロックを、前記固定部にコイルを有していることを特徴とする実施態様3記載の駆動機構。

【0071】

(実施態様5) 前記駆動手段が、前記固定部と前記可動部のいずれか一方に第1の磁性体ブロックを、他方に電磁石を有していることを特徴とする実施態様1又は2記載の駆動機構。

【0072】

(実施態様6) 前記駆動手段が、前記可動部に第1の磁性体ブロックを、前記固定部に電磁石を有していることを特徴とする実施態様5記載の駆動機構。

【0073】

(実施態様7) 前記第1の磁性体ブロックが永久磁石であることを特徴とする実施態様3乃至6いずれかに記載の駆動機構。

【0074】

(実施態様8) 前記第1の測定手段は、レーザ干渉計、エンコーダ、渦電流式センサ、静電容量センサのうち少なくとも1つを有することを特徴とする実施

態様 1 乃至 7 いずれかに記載の駆動機構。

【 0 0 7 5 】

(実施態様 9) 前記可動部に対して、反重力方向に力を付加する支持手段を有することを特徴とする実施態様 1 乃至 8 いずれかに記載の駆動機構。

【 0 0 7 6 】

(実施態様 1 0) 前記支持手段が、前記可動部に非接触のまま、前記可動部に力を付与することを特徴とする実施態様 9 記載の駆動機構。

【 0 0 7 7 】

(実施態様 1 1) 前記支持手段が、前記固定部と前記可動部とを連結する弾性部材を有することを特徴とする実施態様 9 記載の駆動機構。

【 0 0 7 8 】

(実施態様 1 2) 前記支持手段は、前記可動部の重力と実質的に同じ力を、前記可動部に対して反重力方向に付与していることを特徴とする実施態様 9 乃至 1.1 いずれかに記載の駆動機構。

【 0 0 7 9 】

(実施態様 1 3) 前記固定部と前記可動部との間に、ベローズ、反発磁石、吸引磁石、ばねのいずれかを有することを特徴とする実施態様 1 乃至 9 いずれかに記載の駆動機構。

【 0 0 8 0 】

(実施態様 1 4) 前記第 1 の測定手段が、前記固定部に対して固定されていることを特徴とする実施態様 1 乃至 1 3 いずれかに記載の駆動機構。

【 0 0 8 1 】

(実施態様 1 5) 前記可動部は前記光学要素であり、該光学要素が前記第 1 の測定手段に用いるターゲットを有することを特徴とする実施態様 1 乃至 1 4 いずれかに記載の駆動機構。

【 0 0 8 2 】

(実施態様 1 6) 前記光学要素が反射部材であることを特徴とする実施態様 1 乃至 1 5 いずれかに記載の駆動機構。

【 0 0 8 3 】

(実施態様 17) 実施態様 1 乃至 16 いずれかに記載の駆動機構を有し、該駆動機構で前記光学要素を駆動することを特徴とする露光装置。

【0084】

(実施態様 18) 前記光学要素を含み、光源から発した光をマスクに導き、該マスクを介した光を被露光体に導く光学系と、該光学系及び前記固定部を支持する構造体フレームと、前記構造体に対する前記固定部の位置及び／又は傾きを測定する第 2 の測定手段とを有しており、前記駆動手段が、前記第 1 の測定手段及び前記第 2 の測定手段の測定結果に基づいて、前記光学要素を駆動することを特徴とする実施態様 17 記載の露光装置。

【0085】

(実施態様 19) 前記構造体フレームとは別体の基準構造体に対する前記構造体フレームの位置及び／又は傾きを測定する第 3 の手段を有しており、前記駆動手段が、前記第 1 の測定手段及び前記第 2 の測定手段及び前記第 3 の測定手段の測定結果に基づいて、前記光学要素を駆動することを特徴とする実施態様 18 記載の露光装置。

【0086】

(実施態様 20) 前記光学要素を含み、光源から発した光をマスクに導き、該マスクを介した光を被露光体に導く光学系と、該光学系及び前記固定部を支持する構造体フレームと、前記構造体フレームとは別体の基準構造体に対する前記固定部の位置及び／又は傾きを測定する第 4 の測定手段とを有しており、前記駆動手段が、前記第 1 の測定手段及び前記第 4 の測定手段の測定結果に基づいて、前記光学要素を駆動することを特徴とする実施態様 17 記載の露光装置。

【0087】

(実施態様 21) 前記光学系の波面収差を測定する波面収差計測手段を有し、該波面収差計測手段により、前記測定手段の校正を行うことを特徴とする実施態様 17 乃至 20 いずれかに記載の露光装置。

【0088】

(実施態様 22) 前記光学系の内部が真空であることを特徴とする実施態様 17 乃至 21 いずれかに記載の露光装置。

【0089】

(実施態様23) 前記光学系を通る光が、EUV光(波長13nm以上14nm以下)であることを特徴とする実施態様17乃至22いずれかに記載の露光装置。

【0090】

(実施態様24) 前記光学要素と前記駆動手段の両者を輻射により冷却する冷却手段を有することを特徴とする実施態様17乃至23いずれかに記載の露光装置。

【0091】

(実施態様25) 実施態様17乃至24いずれかに記載の露光装置を用いて被露光体を露光する露光工程と、露光された前記被露光体を現像する現像工程とを有することを特徴とするデバイスの製造方法。

【0092】**【発明の効果】**

以上述べたように、本発明によれば、固定台など可動台以外の部分からの振動外乱などを遮断し、高精度な光学要素位置決めを実現することができる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

第1実施例のリニアモータを用いた光学要素微動調整機構

【図2】

第1実施例の可動台上の可動子の配置

【図3】

第1実施例の固定台上固定子の配置

【図4】

第1実施例の可動子の詳細

【図5】

第1実施例の光学要素が搭載される装置全体図の概要

【図6】

第1実施例の6軸微動機構の位置計測系

【図 7】

第 2 実施例の電磁石型光学要素微動調整機構

【図 8】

第 2 実施例の可動台上可動子の配置

【図 9】

第 2 実施例の固定台上固定子の配置

【図 1 0】

第 1 実施例の位置計測方法の第 1 の変形例

【図 1 1】

第 1 実施例の位置計測方法の第 2 の変形例

【図 1 2】

第 1 実施例の位置計測方法の第 3 の変形例

【図 1 3】

第 1 実施例の位置計測方法の第 4 の変形例

【図 1 4】

第 1 実施例の位置計測方法の第 5 の変形例

【図 1 5】

従来の板ばね式光学要素微動機構の詳細

【図 1 6】

デバイス（ＩＣやＬＳＩなどの半導体チップ、ＬＣＤ、ＣＣＤ等）の製造を説明するためのフローチャートである。

【図 1 7】

図 1 6 に示すステップ 4 のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

【符号の説明】

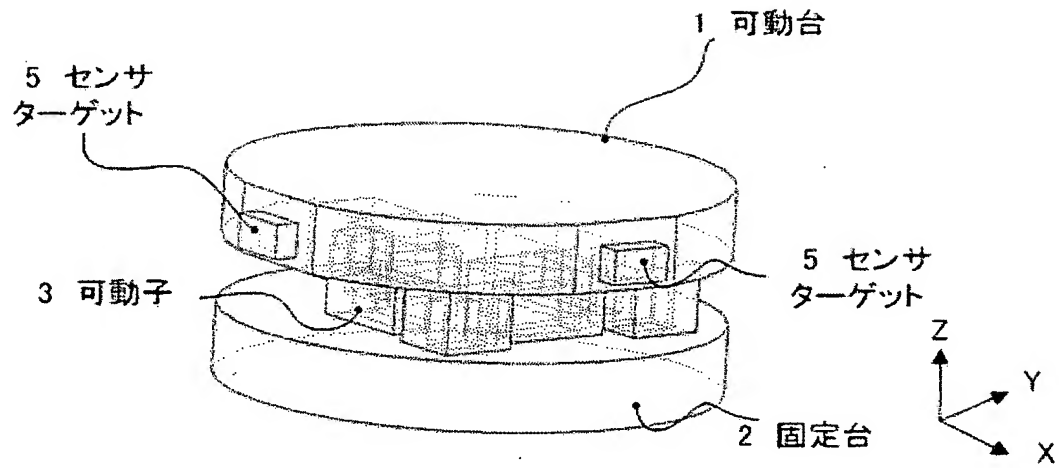
- 1 可動台
- 2 固定台
- 3 リニアモータ可動子
- 4 リニアモータ固定子
- 5 センサターゲット

- 6 板ばね押さえ
- 7 レンズ
- 8 セル
- 9 a、9 b、9 c Z可動子
- 10 a、10 b X可動子
- 11 リング状板ばね
- 12 Oリング
- 13 a、13 b Y可動子
- 14 a、14 b、14 c Z固定子
- 15 a、15 b X固定子
- 16 a、16 b Y固定子
- 17 磁石
- 18 継手
- 20 ヨーク
- 21 自重補償ばね
- 22 ベース
- 23 マウント
- 24 構造体フレーム
- 25 鏡筒
- 27 ウエハステージ
- 28 ウエハ
- 29 微動調整機構
- 30 光学要素保持ブロック
- 31 可動台位置計測計
- 32 磁性体ブロック
- 33 電磁石
- 34 E字型断面磁性体ブロック
- 35 a、35 b、35 c Z方向磁性体ブロック
- 36 a、36 b、36 c Z方向E字型電磁石

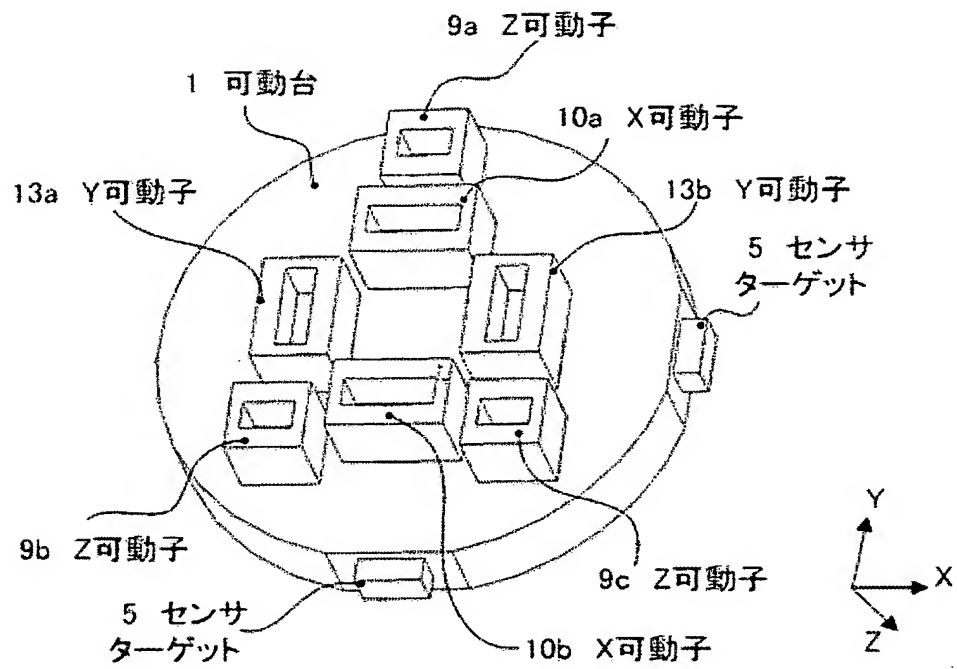
- 3 7 a、3 7 b X方向磁性体ブロック
- 3 8 a、3 8 b X方向E字型電磁石
- 3 9 a、3 9 b Y方向磁性体ブロック
- 4 0 a、4 0 b Y方向E字型電磁石
- 4 1 基準構造体
- 4 2 非接触計測手段
- 4 3 ステージ
- 4 4 干渉計ユニット
- 4 5 T S
- 4 6 R S ミラー

【書類名】 図面

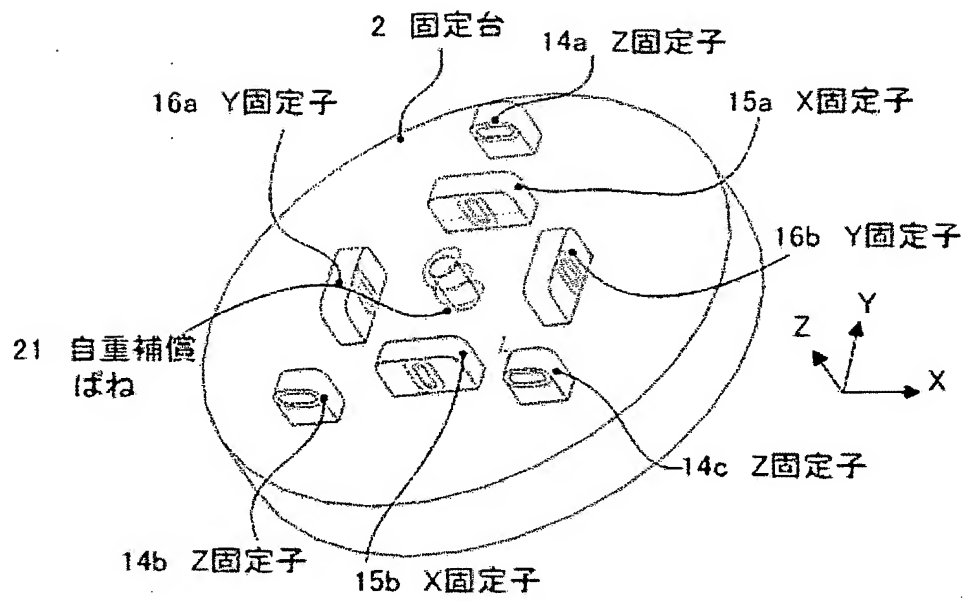
【図 1】



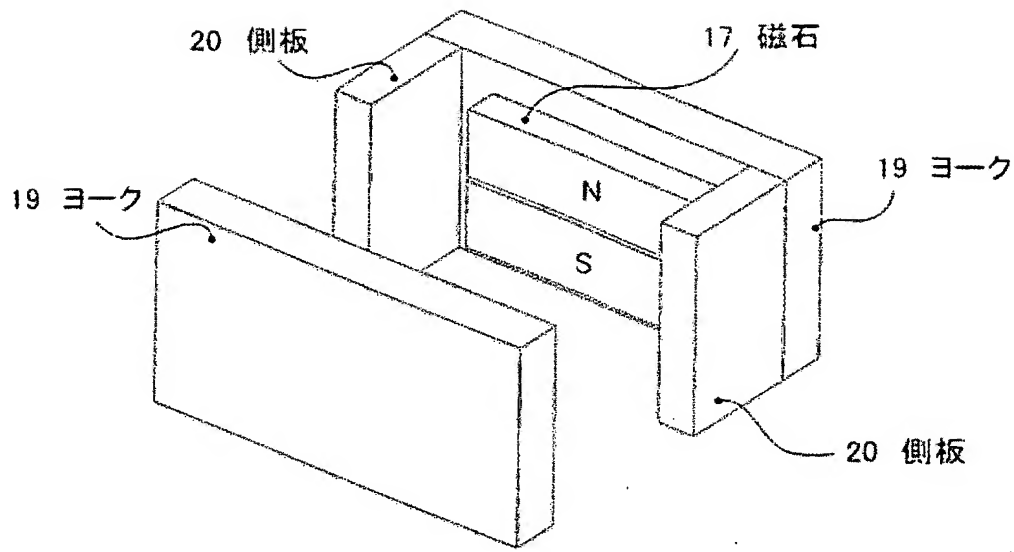
【図 2】



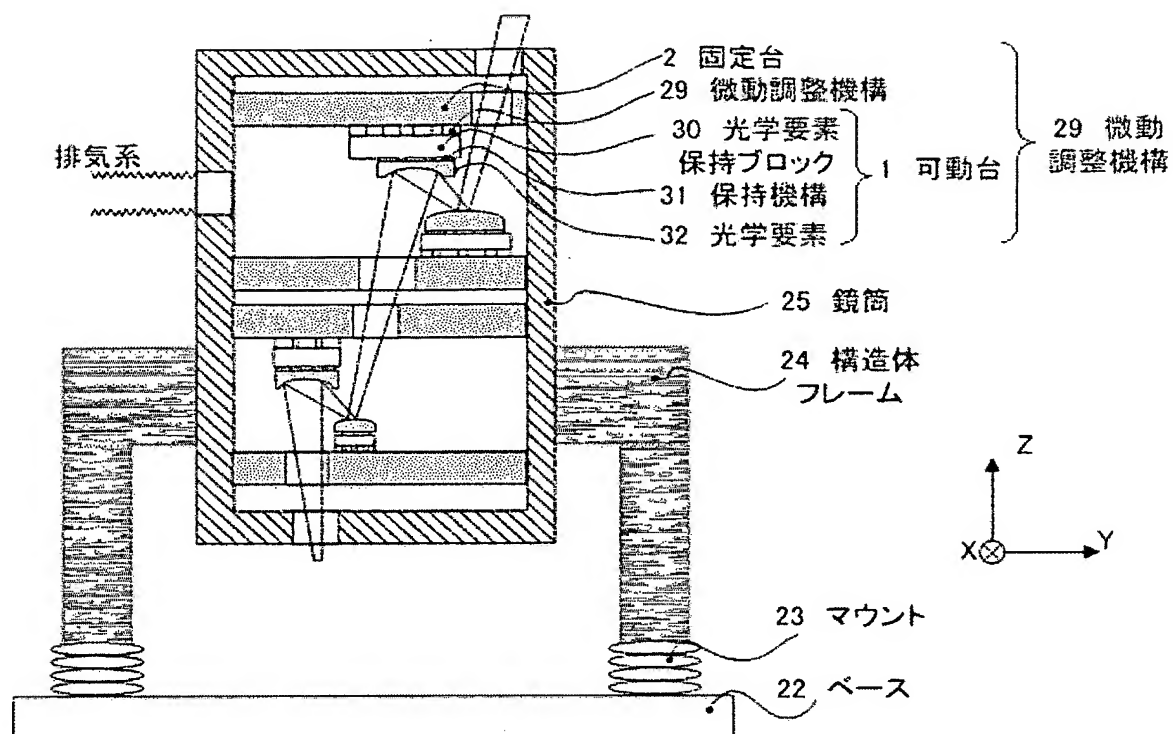
【図 3】



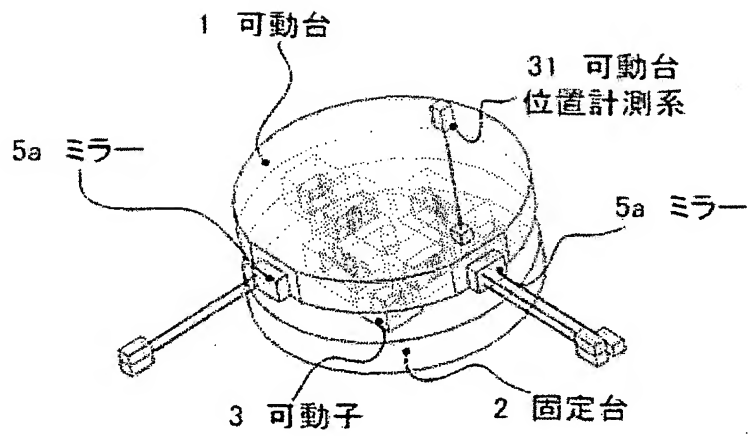
【図 4】



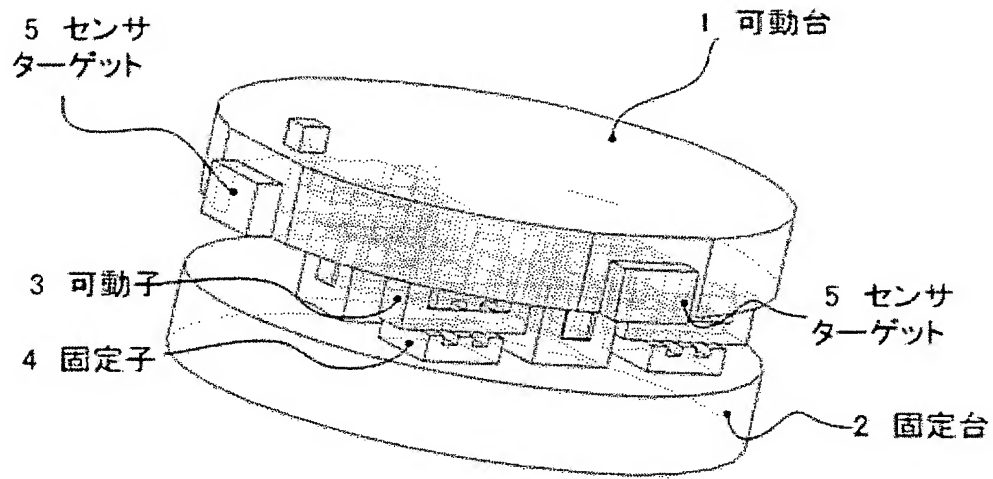
【図 5】



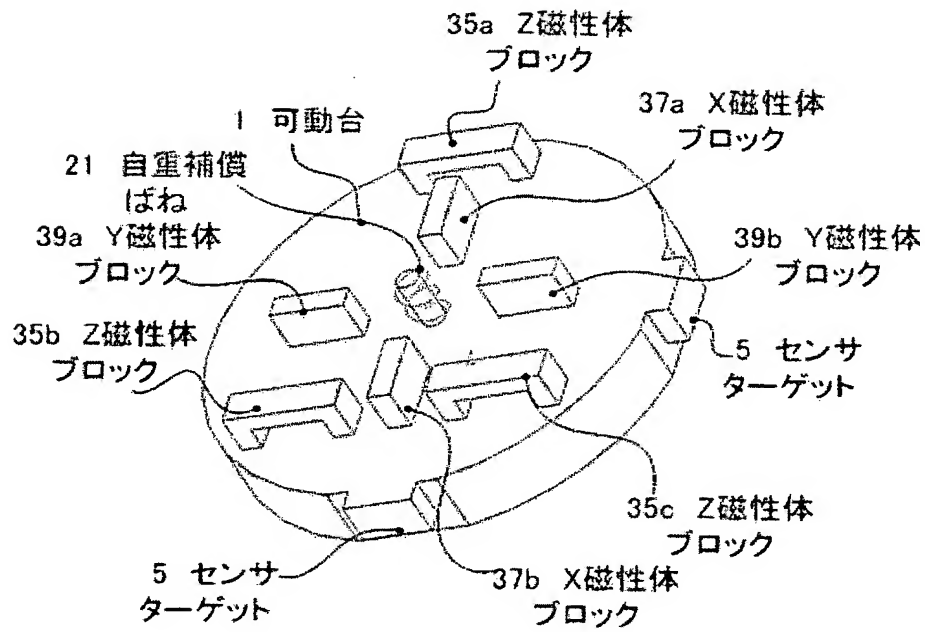
【図 6】



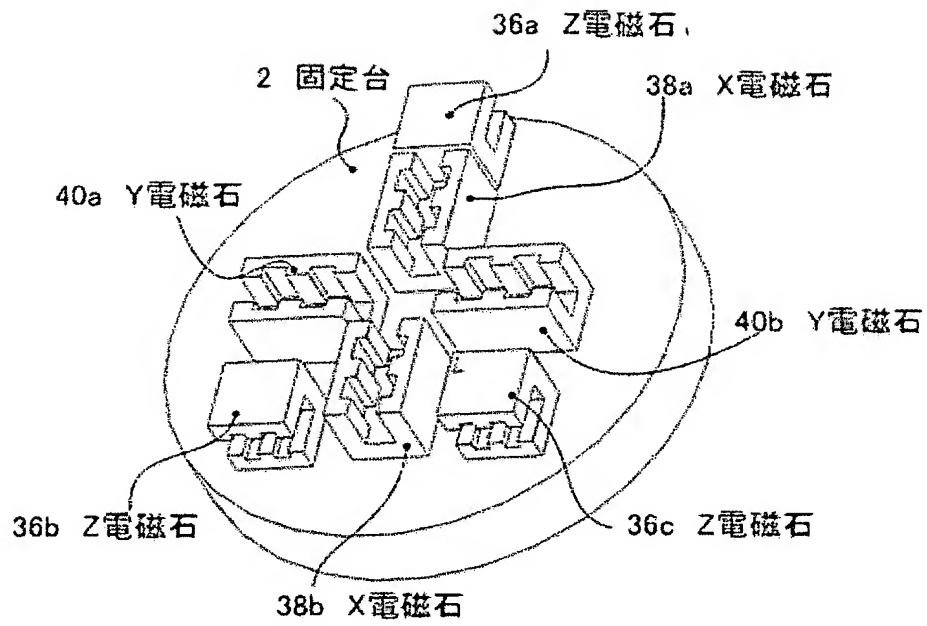
【図 7】



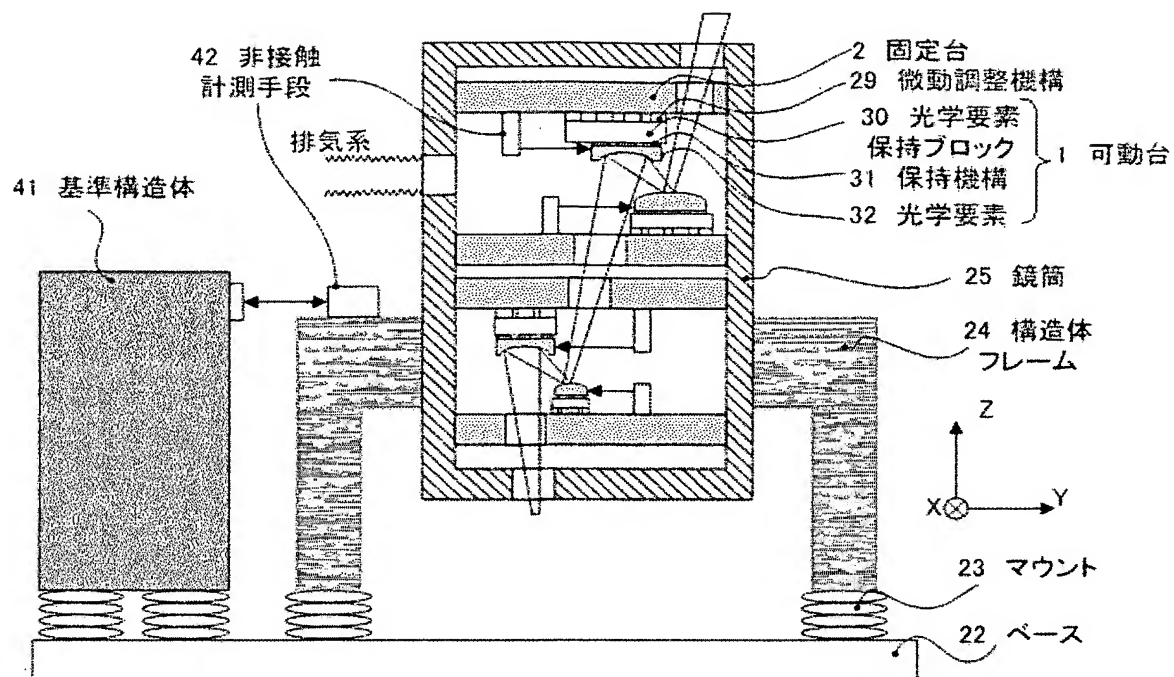
【図 8】



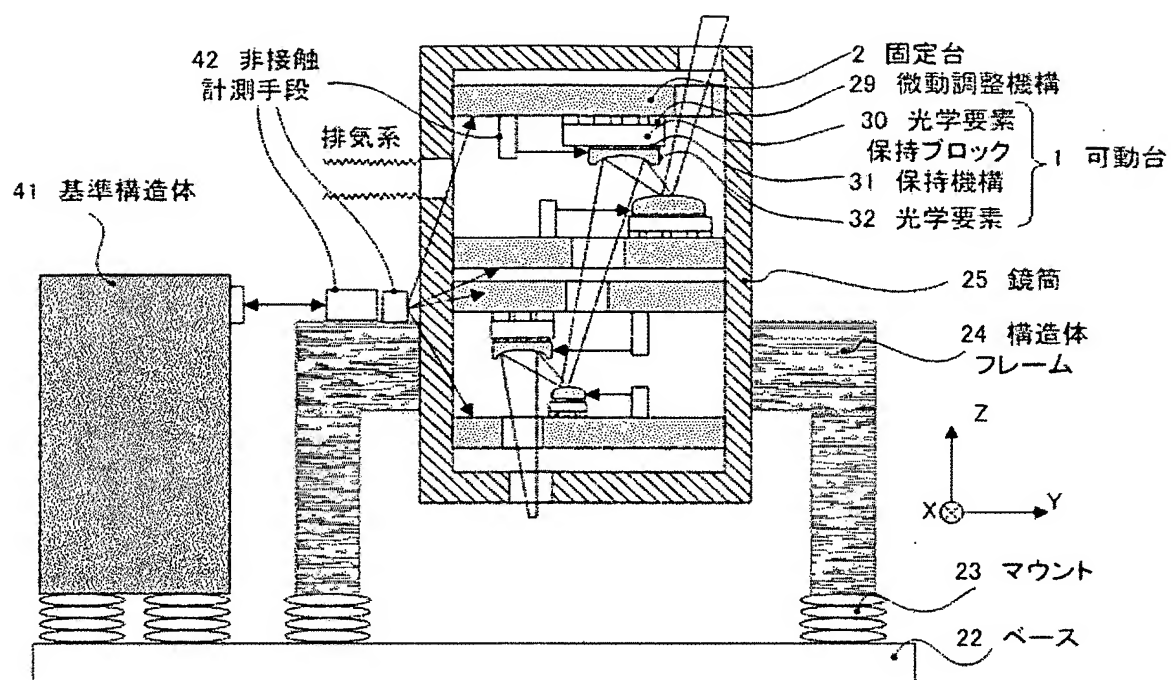
【図 9】



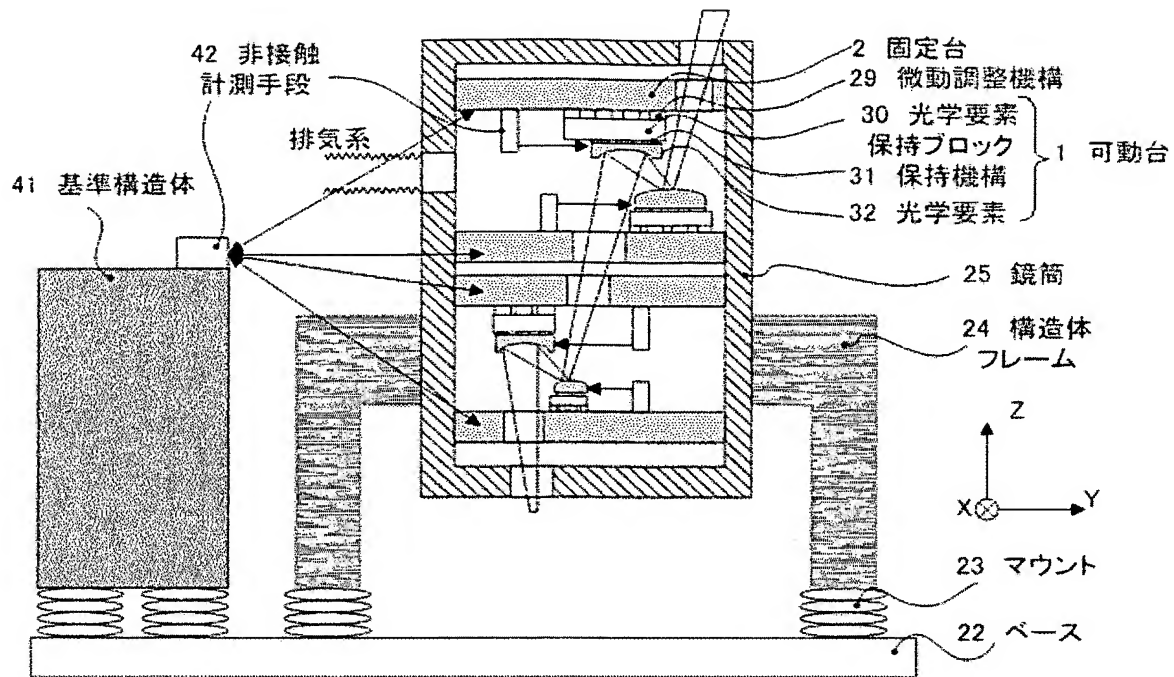
【図 10】



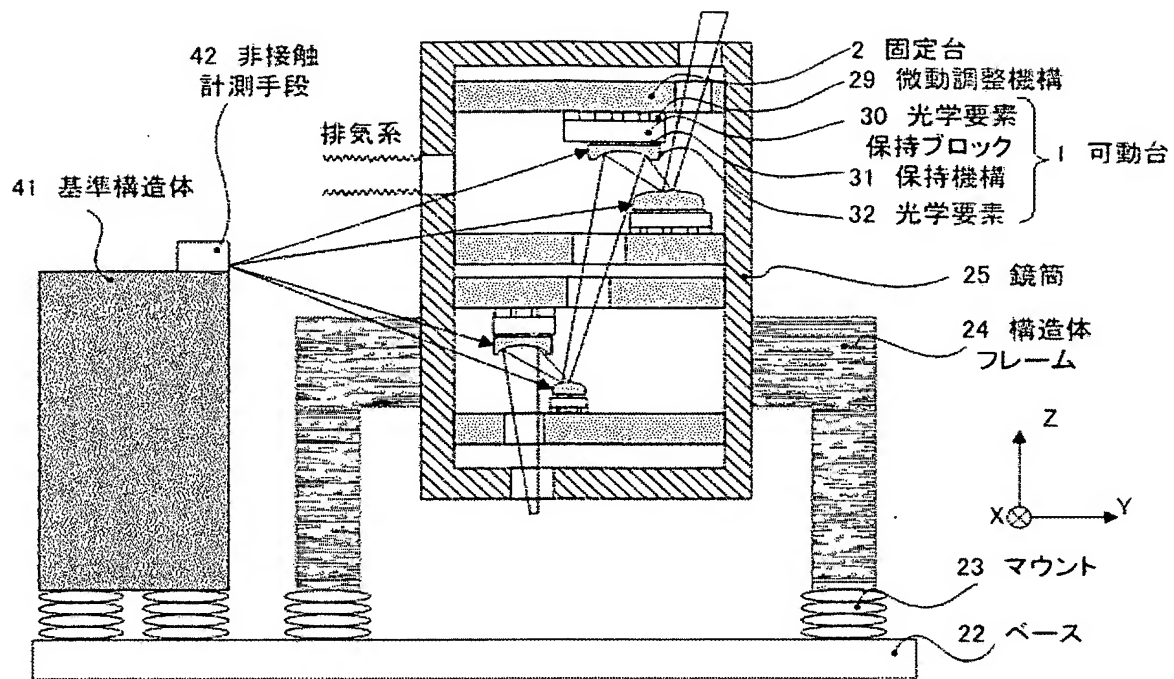
【図 11】



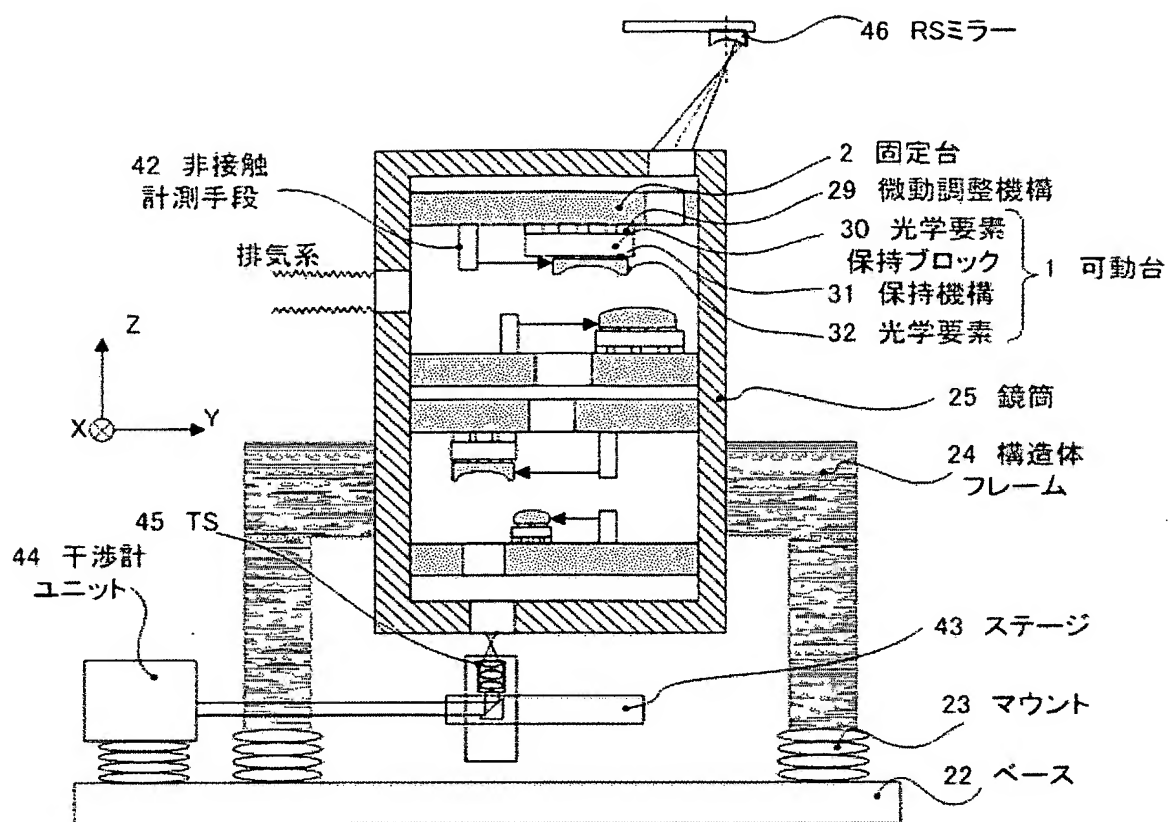
【図 12】



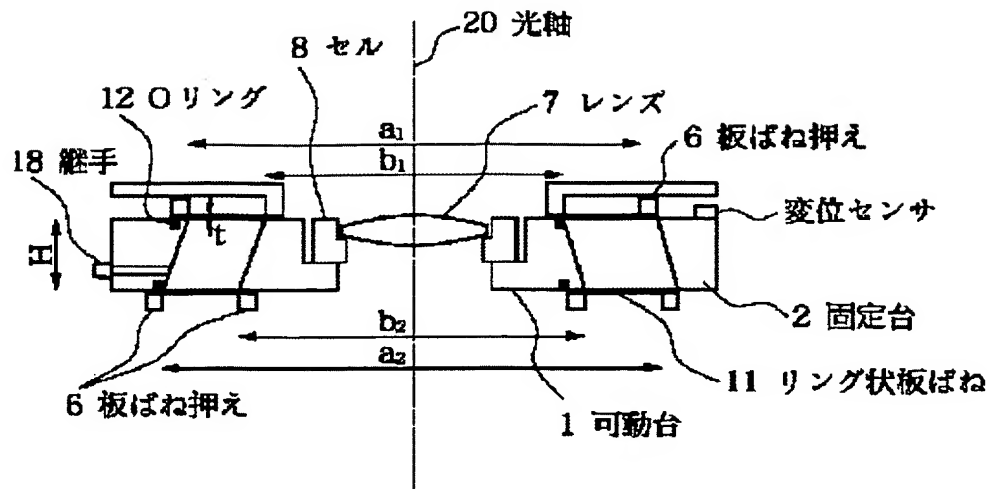
【図 13】



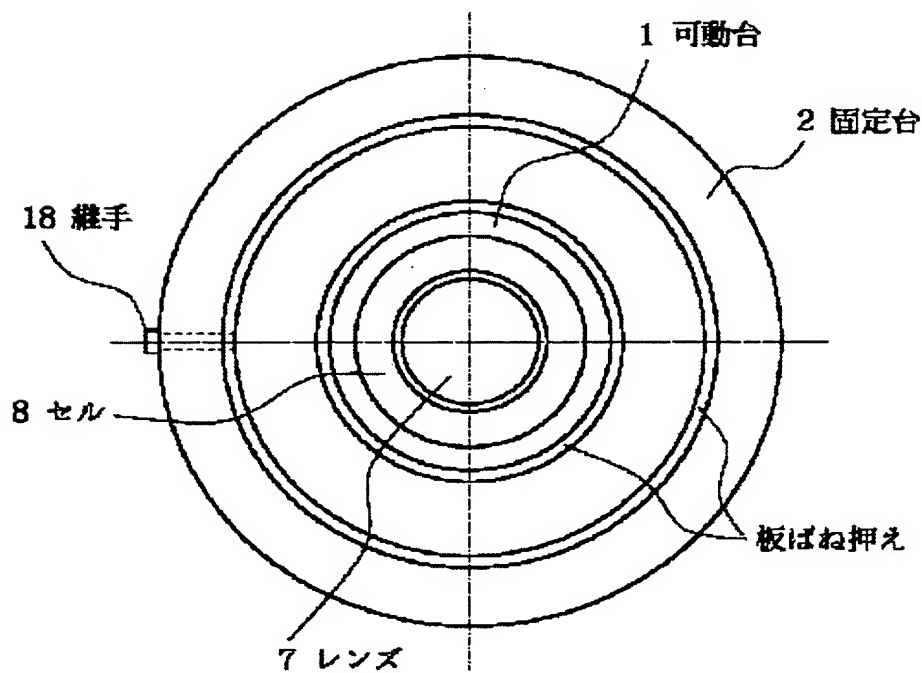
【図 14】



【図 15】

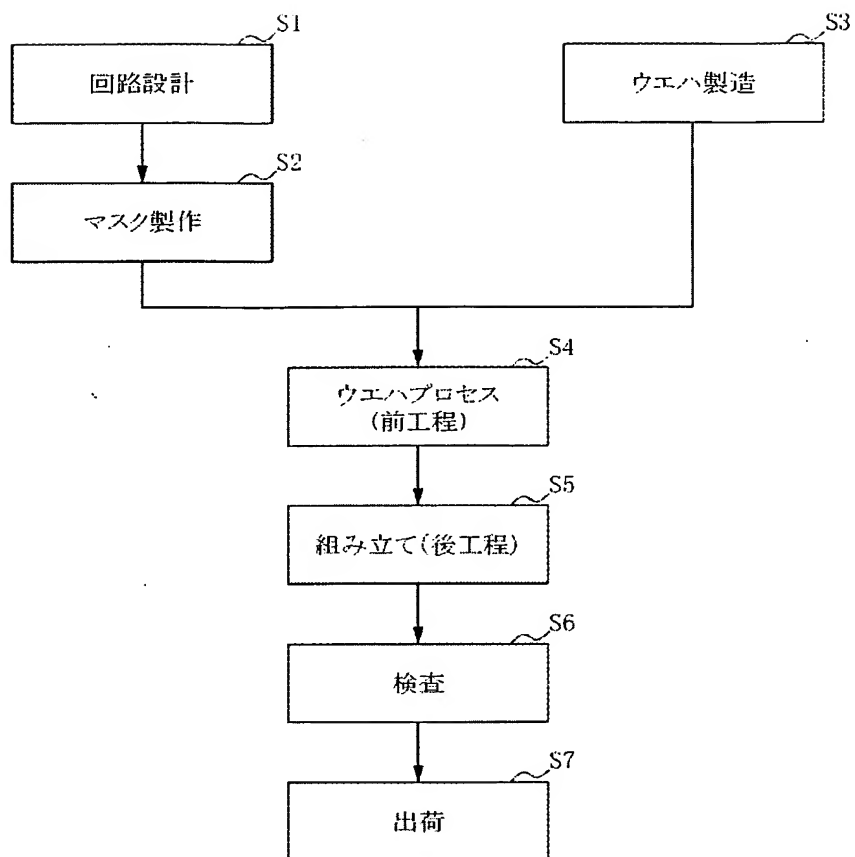


(a) 光学要素移動機構断面図

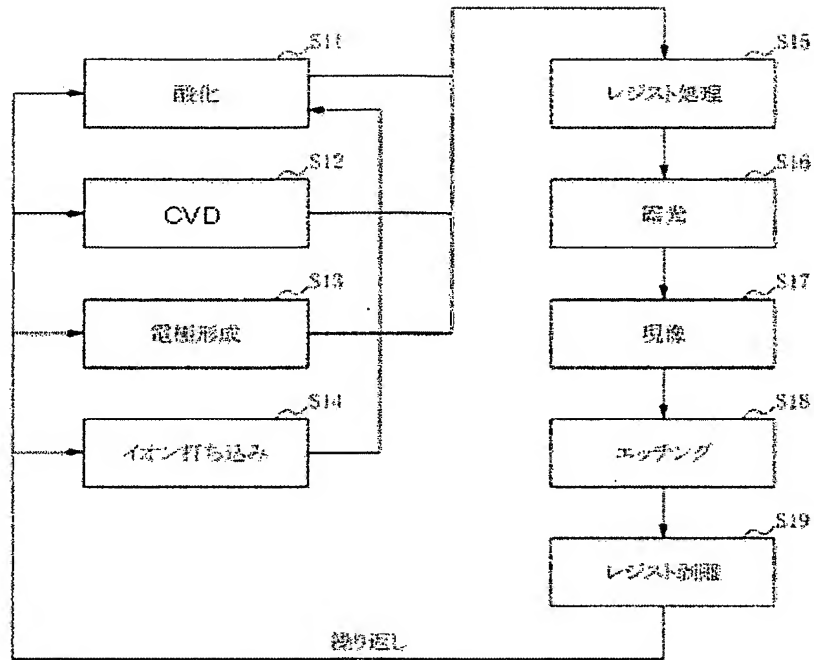


(b) 4節リンク光学要素移動機構平面図

【図 16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 E U V 露光装置内のミラーを 6 軸微動調整可能で、さらに装置外部からの振動による光学要素の位置ずれが軽減された露光装置を提供する。

【解決手段】 E U V 露光装置であって、光学要素を有する可動部の位置及び／又は傾きを、前記可動部に非接触のままで測定する第 1 の測定手段と、前記第 1 の測定手段の測定結果に基づいて、固定部に対して非接触のままで前記可動部を相対的に 6 軸方向に駆動可能な駆動手段とを有することを特徴とする。

【選択図】 図 1 0

特願 2 0 0 3 - 0 7 0 0 3 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名 キヤノン株式会社